

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И РАДИАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КРЕМНИЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ДВУСТОРОННЕЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

М.Я.БАКИРОВ, Ф.Д.САФАРОВА

Институт Физики АН Азербайджана  
Баку-143, пр. Г.Джавида, 33

Экспериментально доказано, что при одновременном освещении обеих сторон высоковольтного кремниевого преобразователя солнечной энергии в электрическую фототок увеличивается в 2 раза, а фотонапряжение в 2,5 раза. В результате, мощность, получаемая из единого элемента, увеличивается в 3 раза. Элементы такого типа более радиационно-стойкие.

Наиболее важным шагом в развитии производства кремниевых солнечных элементов является создание высоковольтных фотогенераторов с выходным напряжением 5-10 кВ [1]. Они представляют собой малогабаритную фотобатарею, сконструированную из множества микрофотопреобразователей с вертикальными P-n переходами, соединенными последовательно.

Отличительной особенностью высоковольтных фотопреобразователей является высокая плотность фотонапряжения на единицу длины (30-40 В/см) и линейная зависимость фототока в широком диапазоне мощности падающего света ( $10^{-2}$ - $10^3$  Вт/см<sup>2</sup>) [2,4]. У хорошо скомутированных фотобатарей КПД достигает ~ 10%. Эти фотобатареи обладают повышенной радиационной стойкостью по сравнению с обычными кремниевыми фотопреобразователями [5].

Основным недостатком высоковольтных фотопреобразователей является низкое значение фототока, величина которого определяется размерами отдельных микроэлементов.

Однако имеется реальная возможность увеличения фототока в них. Дело в том, что матричные высоковольтные фотопреобразователи с вертикальным p-n переходом являются одной из разновидностей двусторонне-чувствительных элементов. Обе их поверхности свободны от контактов. Это позволяет, освещая одновременно обе поверхности, увеличить фототок. Это явление возбудило интерес к исследованию фотоэлектрических и радиационных характеристик высоковольтных кремниевых солнечных элементов с двусторонней чувствительностью.

Исследуемые элементы были изготовлены диффузией фосфора в P-Si с удельным сопротивлением 5 Ом·см. Они состоят из 25 последовательно соединенных микроэлементов с размерами 17x7x1 мм.

На рис. 1 показаны вольт-амперные характеристики симметричного высоковольтного

кремниевого солнечного элемента, снятые при раздельном и одновременном освещении обеих сторон лампой накаливания мощностью 100 мВт/см<sup>2</sup>. Видно, что при раздельном освещении каждой стороны, элемент дает фототок короткого замыкания 150 мкА и напряжение холостого хода 7,5 В. При этом коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики  $\gamma=0,53$  и максимальная мощность при оптимальной нагрузке  $P_{max}=0,6$  мВт.

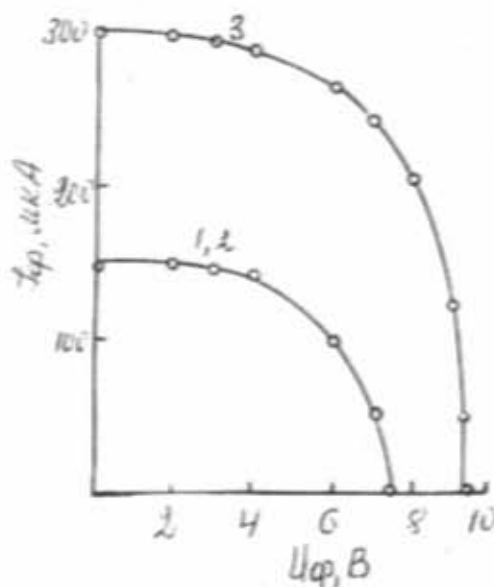


Рис.1. Вольтамперные характеристики высоковольтного кремниевого солнечного элемента, состоящего из 25 микроэлементов (Размер 12x7x1 мм): 1;2 - при раздельном освещении каждой стороны. 3 - при одновременном освещении обеих сторон ( $W=100$  мВт/см<sup>2</sup>).

При одновременном освещении элемента с обеих сторон  $I_{кз}=300$  мкА,  $U_{кз}=9,33$  В,  $\gamma=0,67$  и  $P_{max}=1,88$  Вт, т.е. фототок увеличивается в два раза, фотонапряжение на 30% и максимальная мощность увеличивается в три раза. Увеличение мощности связано с ростом фотото-

ка, фотонапряжения и коэффициента заполнения вольт-амперной характеристики. Отличительной особенностью высоковольтных кремниевых солнечных элементов с двусторонней чувствительностью является повышение фототока и фотонапряжения при одновременном освещении их с обеих сторон. Рост фотонапряжения при этом объясняется расширением объема генерации фотонесителей и увеличением коэффициента их сбора.

Мы изучали процесс деградации фототока при электронном облучении. Облучение производилось ускоренными электронами с энергией 5 МэВ при комнатной температуре в темноте.

Измерения показали, что скорость деградации фототока в высоковольтных элементах значительно меньше, чем в обычных кремниевых элементах, облученных в идентичных условиях (Рис.2). Результаты показали, что критический интегральный поток электронов, определяемый 25 %-ным спадом фототока в высоковольтных элементах на один ( $\Phi_{кр} = 5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ ) порядок больше ( $\Phi_{кр} = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ ), чем в планарных элементах. При этом спад фотонапряжения составляет 10 %.

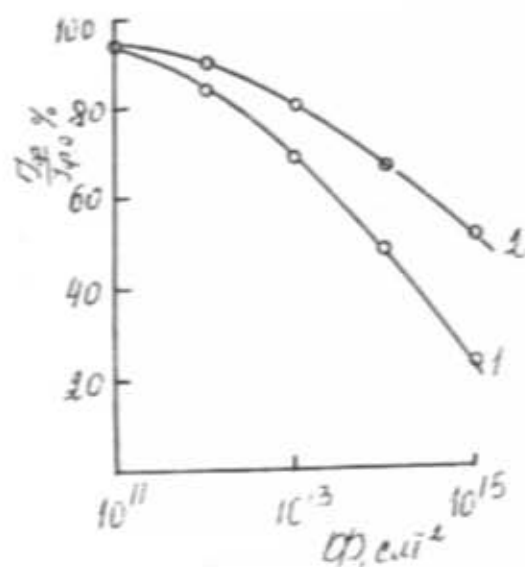


Рис.2. Спектральные характеристики высоковольтного кремниевого солнечного элемента до (1) и после (2) электронного облучения в дозе  $10^{15} \text{ см}^{-2}$ .

Причиной уменьшения фототока является падение времени жизни неосновных носите-

лей заряда в p- и R-слоях, что доказывается измерением спектральной характеристики. Облучение создает одинаковые радиационные дефекты как в p-, так и в R-частях, и это приводит к уменьшению времени жизни и, связанному с ним коэффициента сбора. Однако, основную роль играет уменьшение коэффициента сбора со стороны слаболегированного R-слоя.

Измерение спектрального распределения чувствительности показало, что в высоковольтных элементах с вертикальным P-n переходом при электронном облучении фоточувствительность уменьшается во всем рабочем диапазоне (рис. 3), что связано с введением радиационных дефектов в p- и R-слоях.

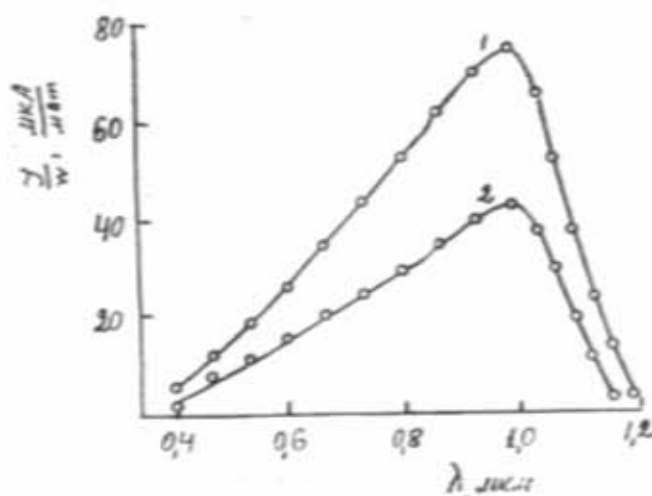


Рис.3. Дозовые зависимости фототока в планарных (1) и высоковольтных (2) кремниевых солнечных элементах, облученных ускоренными электронами в идентичных условиях.

Таким образом экспериментально показано, что при одновременном освещении с обеих сторон удастся повысить мощность высоковольтных кремниевых солнечных элементов, которые обладают более высокой радиационной стойкостью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д.С.Стребков, В.С.Косарев. Полупроводниковый фотоэлектрический генератор.- Авт. свид. № 288163 (СССР).
2. А.П.Ландсман, Д.С.Стребков. Гелиотехника, 1973, № 1, с.3-6.
3. А.П.Ландсман, Д.С.Стребков, В.А.Унишков, В.А.Чварнова. Гелиотехника, 1970, № 1, с.3-6.

BƏKİROV M.Y., SƏFƏROVA F.D.

YÜKSƏK VOLTLU İKİ ÜZLÜ SİLİSİUM GÜNƏŞ ELEMENTİNİN  
FOTOELEKTRİK VƏ RADİASİYA XARAKTERİSTİKALARI

Təcrübi olaraq göstərilmişdir ki, iki üzlü yüksək voltlu silisium günəş elementinin hər iki üzünü birdən işıqlandırdıqda foto cərəyan iki dəfə, foto gərginlik isə 2,5 dəfə artır.

Nəticədə elementin verdiyi güc üç dəfə artır. Bu cür elementlər radiasiyaya qarşı daha davamlı olurlar.

BAKIROV M.J. , SAFAROVA F.D.

PHOTOELECTRICAL AND RADIATION CHARACTERISTICS OF  
HIGH-VOLTAGE SILICEOUS SOLAR ELEMENTS WITH  
BILATERAL SENSIBILITY

It is established that at the simultaneous bilateral lighting of high-voltage siliceous solar elements the power increases by 3 time because of photocurrent increases by 2 time and photovoltage increases by 2,5 time.

It is shown that this elements are more radiation-resistant than other solar elements.

Поступила 06.05.96